

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08171400 A**

(43) Date of publication of application: **02.07.96**

(51) Int. Cl.

G10L 9/14
G10L 9/18
H03M 7/30

(21) Application number: **06314483**

(22) Date of filing: **19.12.94**

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**

(72) Inventor: **MORII TOSHIYUKI**

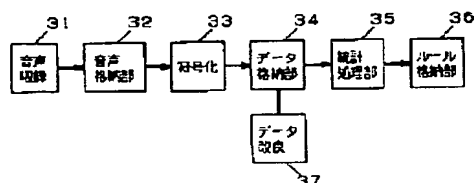
(54) **SPEECH CODING DEVICE**

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To perform module selection with a smaller calculation volume to efficiently encode a voice by using a rule, which is generated by statistical processing of correspondence relations between feature parameters and indexes, for feature parameters.

CONSTITUTION: Speech spoken by various persons is recorded by a means 31 and is converted to digital signals, and is stored in a voice storage part 32 on a hard disk. Next, an encoding part 33 is made function to store feature parameters of speech obtained from an autocorrelation analysis part, an LPC analysis part, and a pitch preliminary selection part and the encoding distortion, which is obtained at the time of allowing all encoding modules in the encoding part 3 to function, in a data storage part 34 on the hard disk. Data stored in the data storage part 34 is subjected to statistical processing in a statistical processing part 35 to generate a rule, and this rule is stored in a rule storage part 36. The complicated rule is easily obtained by these procedures, and this rule is used to select the modules with a smaller calculation volume.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-171400

(43) 公開日 平成8年(1996)7月2日

| (51) Int. Cl. ⁸ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|----------------------------|------|---------|-----|--------|
| G10L 9/14 | G | | | |
| | J | | | |
| 9/18 | E | | | |
| H03M 7/30 | Z | 9382-5K | | |

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全8頁)

(21) 出願番号 特願平6-314483

(22) 出願日 平成6年(1994)12月19日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 森井 利幸

神奈川県川崎市多摩区東三田3丁目10番1号 松下技研株式会社内

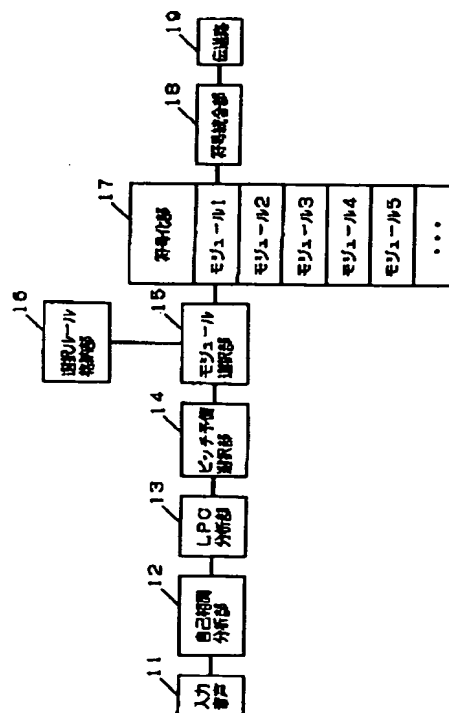
(74) 代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 音声符号化装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、ディジタル信号としての音響情報を少ない情報量で符号化し、伝送し、復号化することにより、効率の良いデータ伝送を可能にすることを目的とする。

【構成】 上記目的を達成するために本発明は、音声分析手段と、符号化モジュールが複数格納されていることを特徴とする符号化部と、音声分析手段によって得られたパラメータに基づき符号化モジュールを選択するモジュール選択部と、モジュール選択部で使用するルールが格納されているルール格納部とを備えており、このルールが予め統計処理により作成されていることを特徴としている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力された音声信号（入力音声）を分析し特徴パラメータを得る音声分析手段と、前記特徴パラメータに基づき音声の符号化を行なう符号化モジュールが複数格納され、そのいずれかの符号化モジュールで符号化を行なう符号化部と、予め多くの入力音声に対して前記音声分析手段で得られる特徴パラメータとそれぞれの入力音声に対して前記符号化部に格納されている全ての符号化モジュールで符号化を行なって得られる最適な符号化モジュールとの対応を統計処理することによって得られるルールが格納されている選択ルール格納部と、前記音声分析手段で得られた音声の特徴パラメータと選択ルール格納部に格納されているルールとに基づき前記符号化部で採用する符号化モジュールを決定するモジュール選択部とを備えることを特徴とする音声符号化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、デジタル信号としての音響情報を少ない情報量で符号化し、伝送し、復号化することにより、効率の良いデータ伝送を行なうための音声符号化装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 携帯電話等のデジタル移動通信の分野では加入者の増加に対処するために低ビットレートの音声の圧縮符号化法が求められており、各研究機関において研究開発が進んでいる。日本国内においてはモトローラ社の開発したビットレート11.2kbpsのVSELPという符号化法がデジタル携帯電話用の標準符号化方式として採用された。（同方式を搭載したデジタル携帯電話は1994年秋に国内において発売された。）また更に、NTT移動通信網株式会社の開発したビットレート5.6kbpsのPSI-CELPという符号化方式が次期携帯電話の標準化方式として採用され、現在製品開発の段階にある。これらの方式はいずれもCELP（Code Excited Linear Prediction: M.R.Schroeder "High Quality Speech at Low Bit Rates" Proc. ICASSP'85 pp.937-940に記載されている）という方式を改良したものである。これは音声を音源情報と声道情報とに分離し、音源情報については符号帳に格納された複数の音源サンプルのインデックスによって符号化し声道情報についてはLPC（線形予測係数）を符号化するということと、音源情報符号化の際には声道情報を加味して入力音声と比較を行なうという方法（A-b-S: Analysis by Synthesis）を採用していることに特徴がある。

【0003】 ここで、CELP方式の基本的な部分について説明する。図7はCELP方式の符号化装置の機能ブロック図である。まず、LPC分析部22において、入力された音声データ21に対して自己相関分析とLPC分

析を行なうことによってLPC係数を得、また得られたLPC係数の符号化を行ないLPC符号を得、また得られたLPC符号を復号化して復号化LPC係数を得る。次に、加算部25において、適応符号帳23と確率的符号帳24に格納された音源サンプルを取り出し、それぞれに対する最適ゲインを求め、その最適ゲインによってパワー調節したそれぞれの音源を加算して合成音源を得る。更に、LPC合成部26において、加算部25で得られた合成音源に対して、LPC分析部22で得られた復号化LPC係数によってフィルタリングを行ない合成音を得る。更に、比較部27は、適応符号帳23と確率的符号帳24の全ての音源サンプルに対して加算部25、LPC合成部26を機能させることによって得られる多くの合成音と入力音声との距離計算を行ない、その結果得られる距離の中で最も小さいときの音源サンプルのインデックスを求める。パラメータ符号化部28では、最適ゲインの符号化を行なうことによってゲイン符号を得、LPC符号、音源サンプルのインデックスをまとめて伝送路29へ送る。また、ゲイン符号とインデックスから合成音源を作成し、それを適応符号帳23に格納すると同時に古い音源サンプルを破棄する。また、LPC合成部26においては、線形予測係数や周波数強調フィルタや長期予測係数（入力音声の長期予測分析を行なうことによって得られる）を用いた聴感重み付けを行なう。また、適応符号帳と確率的符号帳による音源探索は、分析区間を更に細かく分けた区間（サブフレームと呼ばれる）で行われる。

【0004】 前述のVSELPやPSI-CELPは上記CELPを改良したものである。しかし、従来のこれらの方式はどのような入力音声に対しても同一の処理を行なうために符号化効率は良くなかった。

【0005】 実環境において収録された音声情報には局所的特徴に大きな違いがある。まず、音声の部分と、音声の無い部分（無音）に分けられる。音声は子音と母音に分けられる。また子音は無声子音と有声子音に分けられる。また、母音はピッチや口の動きが安定した母音定常部と、それぞれが変化している母音過渡部に分けられる。これらはそれぞれ全く異なる特徴を持っている。したがって、それぞれに最適の符号化方法が存在する。

【0006】 基本方式がCELPの場合の局所的な特徴による符号化方法の違いを以下に述べる。まず、無音区間は音声が無い部分で、あるのは実環境ノイズのみであり、伝えるべき情報はその時間長だけであり、音源情報を省略することによって極低ビットレートで符号化できる。また、無声子音には破裂性のもの（/p/、/t/等）と摩擦性のもの（/s/、/h/等）とがある。前者は、その細かなパワー変化が重要であり短いフレーム長での符号化が望ましく、適応符号帳の音源インデックスは不必要な部分である。また、後者は、その放射特性と時間長が重要であり、前者と同様に適応符号帳の音源インデックスは不必要な部分である。有声子音は、細かなバ

ワー変化、声道情報、音源情報全てが重要であり、符号化に最も多い情報量を必要とする部分である。母音定常部は、類似した形状の波形が連続するために、適応符号帳を用いれば少ない情報量で符号化できる。母音過渡部は声道情報や音源情報の変化が母音定常部よりも大きく、またパワーも大きいので音質の劣化が聞えやすいことから、有声子音同様に、多くの情報を必要とする部分である。以上のように、局所的に符号化方法を変え、適応的に情報を配分することによって、効率のよい符号化が可能になる。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】上記で示したように、音声情報の局所的特徴には大きな違いがある。したがって、これらの特徴を生かして適応的に符号化を行なうことによって符号化効率を上げれば、より少ない平均ビットレートでより良好な合成音を得る事ができる。この考え方に基づいて、複数の符号化モジュールを用いる符号化法も検討されている。例としては、日本音響学会春期研究発表会講演論文集 2 - Q - 2 3 に記載されているものや、Q a u c o m 社の開発した Q C E L P 方式が挙げられる。同方式は北米でデジタルセルラーホン用の標準化方式 (T I A - I S 9 6) として採用された。

【 0 0 0 8 】上記方式のいずれも、符号化モジュールの選択を簡単なルールに基づいて行っている。そのために、適応する符号化モジュールを間違えるという現象が起こり、耳につく異音が起こるといった問題があった。この問題は、複数の符号化モジュール全てで符号化を行ない符号化歪を比較して最も歪の少ない符号化モジュールを採用するようにすれば (A - b - S によれば) 解決される。しかし、それでは計算量が膨大になってしまい、携帯電話の様な小型の装置に組込むことは難しい。また一方、異音が起こらないような複雑なルールを人間が考えるのは大変難しい。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】この問題を解決するために本発明は、入力された音声信号 (入力音声) を分析し音声の特徴をパラメータ化する音声分析手段と、音声分析手段によって得られたパラメータに基づき音声の符号化を行なう符号化モジュールが複数格納されている符号化部と、予め多くの入力音声に対して音声分析手段によって得られる特徴パラメータとそれぞれの入力音声に対して符号化部に格納されている全ての符号化モジュールで符号化を行なって得られる最適な符号化モジュールとの対応関係を統計処理することによって得られるルールが格納されている選択ルール格納部と、音声分析手段によって得られた音声の特徴パラメータと選択ルール格納部に格納されているルールとに基づき符号化部に格納されている符号化モジュールのうち符号化に用いるモジュールを決定するモジュール選択部とを備える。

【 0 0 1 0 】

【作用】本発明は前記の構成によって、予め多くの入力音声に対して音声分析手段で特徴パラメータを得、符号化部に格納されている符号化モジュールの全てで符号化を行なうことによって各符号化モジュールでの符号化歪が得られ、この符号化歪を比較することによって最も歪の少ない最適な符号化モジュールのインデックスが得られ、このような特徴パラメータとインデックスとの対応関係を統計処理することによってルールが簡単に作成でき、このルールを使用することによってモジュール選択を少ない計算量で行なうことが出来る。また、統計処理をする前の各データを人間がチェックし、より効率がよくなるように改良すれば、その意志を反映したルールが作成できる。したがって、各音声の特徴に適応した効率の良い符号化が可能になる。

【 0 0 1 1 】

【実施例】

(実施例 1) 以下、本発明の一実施例について、従来の C E L P を基本とした音声符号化装置を例に挙げて説明する。

【 0 0 1 2 】本実施例の符号器の機能ブロック図を図 1 に示す。各部について以下に説明する。まず、A / D 変換器によってデジタル信号に変換された一定時間長の入力音声 11 に対して、自己相関分析部 12 において分析を行ない、自己相関係数を得る。また、同時にパワー情報を得る。L P C 分析部 13 においては、自己相関分析部 12 によって得られた自己相関係数を分析し、線形予測係数を得る。ピッチ予備選択部 14 においては、入力音声 11 に対して L P C 分析部 13 にて得られた線形予測係数を用いて逆フィルタを掛けて線形予測残差波形を求め、その線形予測残差波形の長期一次相関を分析し、基本周波数 (ピッチ) の候補を選出する。この情報は適応符号帳の予備選択や、聴感重み付けフィルタに用いられる。モジュール選択部 15 においては、自己相関部 12 において得られる、自己相関係数、現分析区間の入力音声のパワー、入力音声の前分析区間からのパワー変化量、入力音声の現分析区間内のパワー変化量、L P C 分析部 13 において得られる、線形予測係数、スペクトル包絡、前分析区間からのスペクトル変化量、ピッチ予備選択部 14 において得られる、現分析区間の線形予測残差波形や長期予測残差波形のパワー、線形予測残差波形や長期予測残差波形の前分析区間からのパワー変化量、線形予測残差波形や長期予測残差波形の現分析区間内のパワー変化量、線形予測残差波形の長期予測係数等の特徴から、選択ルール格納部 16 に格納されたルールに照合して、符号化部 17 に格納された符号化モジュールから符号化に最も適したモジュールのインデックスを選択する。符号化部 17 においては、モジュール選択部 15 で得られたインデックスの符号化モジュールによって符号化を行なう。符号統合部 18 においては、符号化部 17 にて得られた符号を集めて伝送路 19 へ送る。

【0013】ここで、選択ルール格納部16に格納されたルールの作成方法について、選択ルール作成における手順を示した図2を用いて説明する。

【0014】まず、いろいろな人の発声した音声を収録しデジタル信号に変換31して、ハードディスク上の音声格納部32へ格納する。次に図1の構成による本発明の符号化装置を機能させ33、自己相関分析部12、LPC分析部13、ピッチ予備選択部14から得られる音声の特徴パラメータと、符号化部17内の全ての符号化モジュールを機能させたときの符号化歪とをハードディスク上のデータ格納部34へ格納する。このデータは各音声の分析区間の番号と、その特徴パラメータと、各符号化モジュールの符号化歪により構成されているものである。

【0015】ここで、格納されるデータの一例の一部を図3に示す。条件は、符号化モジュールが5つで、分析区間長は20msec、音声は男性の発声した「ば」の部分である。内容は、左から、分析区間番号、分析区間のパワー、自己相関係数の1次、自己相関係数の2次、分析区間を半分ずつ2つの部分区間に分けた時の前後の部分区間のパワー比（小さい方を大きい方で割ったもの）、線形予測誤差波形の最も長期相関の高いピッチ候補の長期予測係数、線形予測誤差波形の長期予測誤差波形のバルス性を示す値、線形予測誤差波形の長期予測誤差波形の正規化パワー、線形予測誤差波形の最も長期相関の高いピッチ候補、5つの符号化モジュールで符号化した時の符号化歪をS/N比で表した数値、最も誤差の小さい（S/N比の大きい）符号化モジュールのインデックス（最適モジュールのインデックス）である。

【0016】またこの時、エディタ等によりデータ格納部34に格納されたデータを人間がチェックし、望ましい数値に改めれば、人間の意志を反映させることができる（データ改良37）。たとえば、情報ビット数の大きな符号化モジュールAと、情報ビット数の少ない符号化モジュールBとがあり、局所的S/NがモジュールAの方が僅かの差で小さい場合、その音質の差よりも情報量が少ない方が望ましいとして最適インデックスをモジュールBに書き換えることができ、これを多くの分析区間について行えば、モジュールBの全体に占める割合を増やすことができ、平均ビットレートを下げることができる。

【0017】ルールの作成方法についての説明を続け

$$W_{ji} = W_{ji} + \Delta W_{ji}$$

$$\Delta W_{ji} = \alpha \times \Delta W_{ji} - \mu \times \partial \left(\sum_k (T_k - O_k)^2 \right) / \partial W_{ji}$$

W_{ji} : 重み、 O_k : 出力層の出力、 T_k : 教師信号

α : 平滑化係数（定数）、 μ : 加速係数（定数）

j : 学習対象ニューロンのインデックス、 i : 入力番号

k : 出力層のニューロンのインデックス

∂ : 偏微分記号

【0023】以上に示した処理をデータ格納部に格納されているデータ全てについて何度も繰り返し行い、 W_{ji}

る。次に、データ格納部34に格納されたデータを統計処理部35において統計処理を行いルールを作成して、ルール格納部36に格納する。

【0018】ここで、統計処理部35における処理について説明する。作成するルールの構造は判定の方法による。統計処理に基づくルールの構造には、ニューラルネットワーク、VQ、LVQ、ベイズ判定等が挙げられるが、本実施例では、例としてニューラルネットワークで最も単純な3層のパーセプトロンを用いた場合の説明を行う。入出力構造を図4に示す。ここで、各ニューロンは、

【0019】

【数1】

$$O_j = f \left(\sum_i W_{ji} \times I_i \right)$$

$f(x) = 1 / (1 + \exp(-x))$: シグモイド

O_j : 出力、 W_{ji} : 重み、 I_i : 入力

【0020】に示すように、複数の入力を重みを付けて加算し、シグモイドと呼ばれる関数を通して得られる値を出力する。ニューラルネットワークに複数の入力を入力することによって判定に必要な情報を出力する。本実施例では、特徴パラメータを入力してどの符号化モジュールを選択すればよいのかを示す値を出力するニューラルネットワークを構築する。

【0021】ニューラルネットワークを使用する場合の統計処理とは、多くのデータからこの重み W_{ji} を求めることである（学習と呼ぶ）。本実施例では、誤差逆伝播法による学習を行う。次に手順を述べる。まず、 W_{ji} に乱数で初期値を与える。次に、入力層のニューロンの入力データとしてデータ格納部に格納された音声の特徴パラメータを与え、教師信号としてその時の最適なモジュール番号の出力層のニューロンのみが発火する状態を教師信号として与え（例えば、符号化モジュールが5つある場合、出力層を5つ用意し、最適インデックスの番号のニューロンのみには「1」、あとの4つのニューロンには「0」を教師信号として与える）、各 W_{ji} を以下の式にしたがって変化させる。

【0022】

【数2】

の値を収束させる。よって、特徴パラメータから符号化モジュールを選択するルールが作成できる。

【0024】以上の処理によって作成されたルールを図1の選択ルール格納部16に格納することによって、適切なモジュール選択が可能になる。

【0025】ここで、ニューラルネットによるモジュール選択性能を評価した実験について以下に示す。

【0026】本実験ではCELP方式に基づく符号化モジュールを5つ使用した。本実験におけるビット割り当て表を図5に示す。基本条件は、入力音声のサンプリングレートが8kHz、分析区間長が20msecである。各モジュールの性質は、モジュール1が母音過渡部・有声子音用モジュール(8kbp/s)、モジュール2が破裂性子音・語頭部分・語尾濁音用モジュール(8kbp/s)、モジュール3が母音定常部用モジュール(4kbp/s)、モジュール4は無声摩擦音用モジュール(4kbp/s)、モジュール5は無音用モジュール(2kbp/s)である。また、データ格納部33に格納されるデータの内、インデックスについては、人間がエディタにより、各モジュールの使用割合を考慮しながら改良を加えた。また、モジュール選択部に入力するパラメータは以下の20個とした。

P1=分析区間のパワー(現分析区間)

P2=分析区間のパワーの比(現分析区間/前分析区間)

P3=分析区間内の前半と後半のパワーの比(現分析区間)

P4=自己相関係数1次(現分析区間)

P5=自己相関係数2次(現分析区間)

P6=長期予測係数の最大値(現分析区間)

P7=長期予測ラグの変化量(現分析区間/前分析区間)

P8=分析区間のパワー(前分析区間)

P9=分析区間内の前半と後半のパワーの比(前分析区間)

P10=自己相関係数1次(前分析区間)

P11=自己相関係数2次(前分析区間)

P12=長期予測係数の最大値(前分析区間)

P13=長期予測ラグの変化量(前分析区間/前々分析区間)

P14=S/N比(前分析区間)

P15=分析区間のパワー(前々分析区間)

P16=分析区間内の前半と後半のパワーの比(前々分析区間)

P17=自己相関係数1次(前々分析区間)

P18=自己相関係数2次(前々分析区間)

P19=長期予測係数の最大値(前々分析区間)

P20=S/N比(前々分析区間)

モジュール選択部に用いるニューラルネットは入力層20、中間層15、出力層5つのニューロンで構成した。

なお、選択に必要な計算は、積和395回、シグモイド関数15回、場合分け4回等で、重み W_{ji} の格納に必要なROM領域は395Wである。また、ルール学習用音声データとして、男女24人分の短文発声データを用いた。加速係数を0.01~0.002、平滑化係数を0.5~0.2に変化させて収束を早める工夫を行った。識別データが学習データと同等の場合の識別結果を図6に示す(ただし、この実験における正解は、データ格納部に格納されたデータの最適インデックスである)。

【0027】また、上記学習データ以外の音声データ(男女8人の短文音声)を用いて、実際に音声符号化・復号化実験を行なった。合成音を男女19人に合成音を聴かせ、5段階の主観評価させることによりMOS(Mean Opinion Score)を求めた。この値を、原音声(符号化する前の音声)と、前記従来の技術で説明した標準化方式であるQCELPとについて求め比較した。その結果、原音声で3.61、QCELPで3.08に対して、本実施例は3.38という高いMOS値が得られ、従来法よりも良好な音質の合成音を得られることが検証できた。

【0028】

【発明の効果】以上のように本発明は、予め多くの入力音声に対して音声分析手段で特徴パラメータを得、符号化部に格納されている符号化モジュールの全てで符号化を行なうことによって各符号化モジュールでの符号化歪が得られ、符号化歪を比較することによって最適な符号化モジュールのインデックスが得られ、このような特徴パラメータとインデックスとの対応を統計処理することによって複雑なルールが簡単に得られ、このルールを使用することによってモジュール選択を少ない計算量で行なうことができる。このように、全ての符号器に共通の前処理において得られる様々な情報に基づき、各符号化モジュールで符号化した結果を予測して符号化モジュールを選択するルールをヒューリスティックで作成することが出来る。また、統計処理をする前の各データを人間がチェックし、より効率がよくなるように改良すれば、その意志を反映したルールが作成できる。

【0029】したがって、各音声の特徴に適應した効率の良い符号化が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の符号器の機能ブロック図

【図2】同実施例におけるルールを作成する方法に関するブロック図

【図3】同実施例におけるデータ格納部34に格納されるデータの一部の例を示した図

【図4】同実施例で用いるニューラルネットの入出力構造を示した図

【図5】同実施例における各符号化モジュールのビット割り当てを示した図

【図6】同実施例におけるニューラルネットによるモジ

ルール選択実験の識別状況を示した図

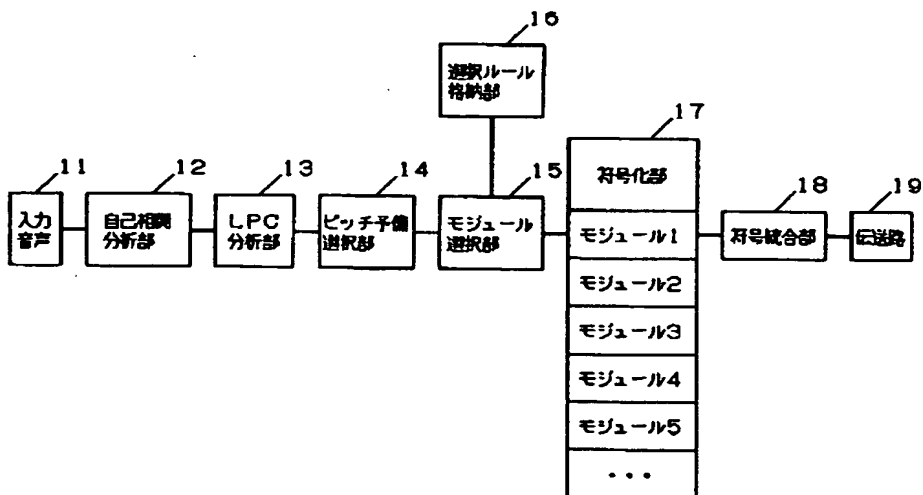
【図 7】従来の方式による符号化装置の基本機能のブロック図

【符号の説明】

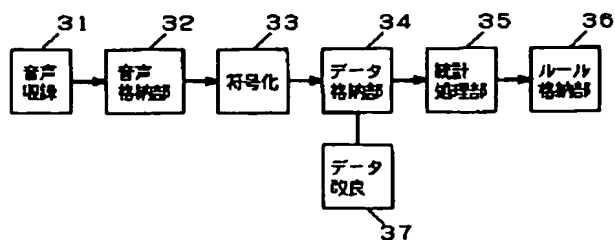
- 1 1 入力音声
- 1 2 自己相関分析部
- 1 3 L P C 分析部
- 1 4 ピッチ予備選択部
- 1 5 モジュール選択部
- 1 6 選択ルール格納部
- 1 7 符号化部
- 1 8 符号統合部
- 1 9 伝送路
- 2 1 入力音声
- 2 2 L P C 分析部

- 2 3 適応符号帳
- 2 4 確率的符号帳
- 2 5 加算部
- 2 6 L P C 合成部
- 2 7 比較部
- 2 8 パラメータ符号化部
- 2 9 伝送路
- 3 1 音声収録
- 3 2 音声格納部
- 10 3 3 符号化部
- 3 4 データ格納部
- 3 5 統計処理部
- 3 6 ルール格納部
- 3 7 データ改良

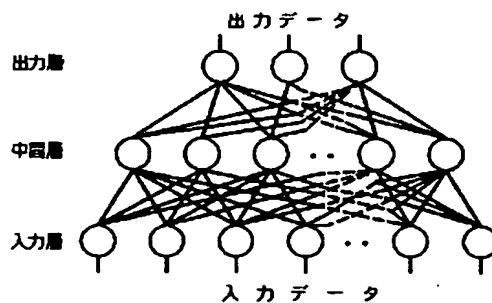
【図 1】



【図 2】



【図 4】



【図3】

| 分析 区画 番号 | パワ- | 自己相関係数 | | 前送の パワ-比 | 送受 差 | 入出力 差 | 正規化 パワ- | ビット 数 | 符号化歪 (S/N 比) | | | | | 最速 符号 番号 |
|----------------|--------------|--------|--------|-------------|---------|----------|------------|----------|--------------|--------|--------|-------|-------|----------------|
| | | 1次 | 2次 | | | | | | 符号1 | 符号2 | 符号3 | 符号4 | 符号5 | |
| 0 | 2.173 | 0.713 | 0.479 | 0.141 | 0.148 | 0.011 | 0.841 | 23 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 5 |
| 1 | 0.061 | 0.270 | 0.051 | 0.174 | 0.105 | 0.103 | 0.688 | 27 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 5 |
| 2 | 0.029 | -0.074 | -0.058 | 0.130 | 0.180 | 0.028 | 0.571 | 39 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 5 |
| 3 | 0.027 | -0.003 | -0.139 | 0.152 | 0.156 | 0.041 | 0.463 | 41 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 5 |
| 4 | 0.031 | -0.247 | -0.351 | 0.150 | 0.148 | 0.012 | 0.749 | 23 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 5 |
| 5 | 0.018 | -0.241 | 0.000 | 0.180 | 0.070 | 0.000 | 0.890 | 38 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 5 |
| 6 | 0.029 | 0.117 | -0.119 | 0.177 | 0.180 | 0.042 | 0.782 | 62 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 5 |
| 7 | 0.014 | 0.003 | -0.077 | 0.247 | 0.117 | 0.104 | 0.770 | 59 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 5 |
| 8 | 49016.524 | 0.478 | -0.426 | 0.151 | 0.188 | 0.111 | 0.788 | 16 | 3.495 | 4.520 | 0.526 | 1.721 | 0.883 | 2 |
| 9 | 67035.218 | 0.436 | -0.409 | 0.185 | 0.336 | 0.065 | 0.167 | 18 | 5.250 | 5.534 | 0.673 | 1.995 | 1.260 | 2 |
| 10 | 162991.576 | 0.451 | -0.383 | 0.256 | 0.305 | 0.014 | 0.289 | 24 | 4.881 | 5.259 | 1.359 | 2.521 | 0.826 | 2 |
| 11 | 893765.121 | 0.792 | 0.360 | 0.258 | 0.312 | 0.017 | 0.364 | 43 | 5.346 | 5.090 | 1.149 | 2.241 | 0.491 | 1 |
| 12 | 8988145.136 | 0.771 | 0.285 | 0.572 | 0.312 | 0.322 | 0.513 | 40 | 9.872 | 7.311 | 5.222 | 2.689 | 1.864 | 1 |
| 13 | 18179059.652 | 0.758 | 0.274 | 0.719 | 0.266 | 0.688 | 0.485 | 38 | 9.998 | 6.700 | 7.734 | 3.707 | 1.270 | 1 |
| 14 | 3185444.959 | 0.785 | 0.417 | 0.439 | 0.242 | 0.649 | 0.608 | 38 | 7.263 | 6.091 | 3.679 | 4.610 | 1.148 | 1 |
| 15 | 8174221.208 | 0.805 | 0.509 | 0.678 | 0.281 | 0.361 | 0.471 | 35 | 10.474 | 7.131 | 8.680 | 3.620 | 0.817 | 1 |
| 16 | 3366907.599 | 0.811 | 0.538 | 0.830 | 0.188 | 0.926 | 0.687 | 35 | 13.547 | 8.983 | 9.925 | 4.070 | 1.805 | 1 |
| 17 | 2520034.594 | 0.831 | 0.571 | 0.679 | 0.164 | 0.629 | 0.771 | 36 | 14.910 | 9.173 | 13.446 | 4.179 | 1.483 | 1 |
| 18 | 1098012.995 | 0.893 | 0.665 | 0.476 | 0.203 | 0.513 | 0.643 | 38 | 13.117 | 10.677 | 10.229 | 4.265 | 1.506 | 1 |
| 19 | 5502417.848 | 0.913 | 0.710 | 0.246 | 0.297 | 0.817 | 0.382 | 84 | 12.619 | 10.637 | 7.998 | 4.008 | 2.152 | 1 |
| 20 | 3131338.782 | 0.892 | 0.642 | 0.433 | 0.219 | 0.302 | 0.653 | 46 | 12.566 | 8.789 | 9.577 | 5.135 | 1.717 | 1 |
| 21 | 6968244.433 | 0.873 | 0.572 | 0.383 | 0.266 | 0.425 | 0.652 | 49 | 10.147 | 8.251 | 6.362 | 3.786 | 1.702 | 1 |
| 22 | 8843054.702 | 0.853 | 0.509 | 0.468 | 0.234 | 0.517 | 0.520 | 52 | 9.557 | 8.661 | 7.044 | 3.511 | 0.891 | 1 |

【図5】

| モジュールNo | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
|---------|-------|------|-------|------|-------|
| ビットレート | 8kbps | | 4kbps | | 2kbps |
| L P C | 33 | | 12 | 7 | |
| パワ- | 7 | | 7 | | 7 |
| サブフレーム | 29×4 | 30×4 | 30×2 | 16×4 | 13×2 |
| 遅延 | 8 | | 9 | | |
| 確率的 | 14 | 24 | 14 | 12 | 9 |
| ゲイン | 7 | 6 | 7 | 4 | 4 |

【図6】

単位: サンプル数

| 入/出 | モジュール1 | モジュール2 | モジュール3 | モジュール4 | モジュール5 | 識別率 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| モジュール1 | 2337 | 143 | 157 | 0 | 0 | 88.6 |
| モジュール2 | 160 | 1436 | 1 | 90 | 2 | 85.0 |
| モジュール3 | 179 | 0 | 285 | 1 | 0 | 61.2 |
| モジュール4 | 0 | 35 | 0 | 464 | 5 | 92.0 |
| モジュール5 | 0 | 2 | 0 | 20 | 1959 | 98.8 |

【図 7】

